DIE WAHRNEHMUNG
DER
CHORIOIDEALGEFÄSSE
DES
EIGENEN AUGES.

EINE

INAUGURAL-ABHANDLUNG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

UNTER DEM PRÆSIDIUM

VON

DR. KARL VIERORDT,
O. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN TÜBINGEN

VON

ADOLF EDUARD LAIBLIN
AUS HOLZMADEN.

TÜBINGEN,
DRUCK VON HEINRICH LAUPP.
1856.

Auge, wenigstens für schwächere Lichtgrade auf mehrere Minuten oder noch länger vollständig unempfindlich machen kann.

Der Gegenstand, bei dessen fortgesetzter Betrachtung immer wieder neue und erweiterte Anschauungen gewonnen wurden, konnte desshalb nicht mit der Ausführlichkeit verfolgt werden, wie zu wünschen gewesen wäre; die Physiologen und Ophthalmologen werden übrigens diesen Zeilen, auch in ihrer fragmentären Gestalt, ihre Aufmerksamkeit um so weniger versagen, als es sich um eine schöne physiologisch-optische Erscheinung handelt, welche bisher unbeachtet geblieben ist.

A. E. Laiblin.

Die Binnenphänomene des Auges haben mit Recht die Aufmerksamkeit der neuern Physiologie in hohem Grad auf sich gezogen. Manche derselben, wie die von Purkinje entdeckte Netzhautaderfigur, oder die von Prof. Vierordt so eben *) genauer beschriebene Wahrnehmung des Blutlaufes in den Netzhautgefässen des eigenen Auges, gehören an und für sich schon zu den prächtigsten und überraschendsten physiologischen Anschauungen, wie sie auch mannichfache und aussichtsreiche Ausgangspunkte bieten zur Erörterung anderweitiger physiologischer Fragen. So hat z. B. in neuester Zeit H. Müller aus gewissen Eigenthümlichkeiten der Purkinje'schen Gefässfigur, wie es scheint mit vollem Recht, den Schluss gezogen, dass bloss die äussersten Retinalschichten für objektives Licht empfindlich sind, während Prof. Vierordt die Anschauung des Blutlaufes in den eigenen Retinalgefässen zur erstmaligen direkten Messung der Stromgeschwindigkeit des Blutes in den Capillargefässen des Menschen benützen konnte.

---

*) Archiv für physiologische Heilkunde 1856, Heft II.

Das optische Binnenphänomen, welches den Gegenstand der nachfolgenden Blätter bildet, ist bisher kaum andeutungsweise erwähnt worden.

H. Müller nämlich kennt wahrscheinlich unser Phänomen; er sagt *) „es sei bemerkt, dass auch die Chorioidealgefässe unter gewissen Umständen zur Wahrnehmung zu kommen vermögen". Näheres giebt er jedoch in dieser Arbeit, welche sich übrigens speciell auf die physiologischen Verhältnisse der Retina und der Retinalgefässe bezieht, leider nicht an.

Purkinje **) erwähnt unter der Fülle der von ihm beschriebenen merkwürdigen Druckfiguren des Auges die Chorioidalgefässfigur nicht; beim Drücken auf das Auge beobachtete er einzelne Retinalgefässe (Seite 32) und bildet sie als solche ab (Figur 14). Es besteht kein Zweifel, dass seine Auffassung die richtige ist, denn er beschreibt die Gefässchen als „lichte Aestchen und Zacken", eine Färbung, welche denselben, wie wir sehen werden, im Gegensatz zu den Chorioidealgefässen, eigenthümlich ist.

Vergebens wird man bemüht sein, in den mannigfaltigen, von mehreren Physiologen beschriebenen „Druckfiguren" des Auges wenigstens Fragmente der Chorioidealgefässfigur zu erkennen.

Es kann mit Sicherheit behauptet werden, dass in der Chorioidealcongestion, vielleicht auch in der erstern Zeit der Chorioideitis, wenn noch keine stär-

---

*) Ueber entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefässe. Würzburg 1855, Seite 5.

**) Beobachtungen zur Physiologie der Sinne 1823.

keren Exsudate vorhanden sind, die entsprechende Gefässfigur häufig zur Wahrnehmung kommen muss. Doch mag immerhin anhaltende Aufmerksamkeit erforderlich sein zur deutlichen Heraufförderung des Phänomens und der gewöhnliche Kranke wird desshalb bloss sehr fragmentäre und getrübte Anschauungen haben, wie denn auch die ophthalmologischen Handbücher sich in diesem Betreff nur ganz unbestimmt äussern, indem von Funkensehen, Farben- und Feuererscheinungen, ohne irgend genauere Beschreibungen der Phänomene, die Rede ist.

Trotzdem ist nicht zu besorgen, dass unsere Chorioidealaderfigur bloss für einige Wenigen deutlich wahrnehmbar sein dürfte. Es ist vor Allem anhaltende Beschäftigung mit gewissen, leichter hervorzurufenden Binnenphänomenen des Auges erforderlich; hat man dieselben genauer zu betrachten gelernt, so müssen auch die übrigen Anschauungen nach und nach mehr oder minder leicht gewonnen werden können. Am besten wird man mit der Purkinje'schen Netzhautaderfigur beginnen, bei welcher man sich bald überzeugen kann, dass durch Uebung eine sehr bedeutende Vervollkommnung in den Anschauungen derselben möglich ist. Wer freilich ohne diese Vorbereitungen an unser Experiment geht, der wird schwerlich eine irgend genügende Wahrnehmung des Gesuchten erhalten.

Zunächst soll dasjenige Verfahren angegeben werden, welches vorzugsweise zur Anschauung der Chorioidealgefässfigur empfohlen werden kann und

als das sicherste und am schnellsten zum Ziel führende unter allen Umständen 'gelten muss. Damit soll zugleich eine kurze Beschreibung der Erscheinungen verbunden werden, welche man bei den Anfangsstudien über die Chorioidealgefässfigur wahrnehmen wird, wobei zunächst alles Uebrige, was erst bei längerer Zeit hindurch fortgesetztem Experimentiren zum Vorschein kommt, ausgeschlossen bleibt.

Man schliesse beide Augen und drücke den einen Augapfel in möglichster Ausdehnung mit der Volarseite dreier Finger und zwar in der Art, dass der Druck gegen den Grund der Augenhöhle und möglichst gleichmässig, sowie auch allmälig wachsend in seiner Stärke vorgenommen werde.

Man wird dann sehr häufig die bekannten Licht- und Feuererscheinungen (Phosphene genannt von Serres, dem neuesten Monographen über diesen Gegenstand) vermeiden und schnell zur Anschauung der Chorioidealgefässe gelangen. Statt des gleichmässigen Druckes von vorn nach hinten kann übrigens auch ein seitlicher Partialdruck auf den Bulbus zum Ziel führen, die Phosphene verschwindet bald, worauf die Chorioidealgefässe, jedoch nicht in der Ausdehnung, wie bei dem ersterwähnten Verfahren, zum Vorschein kommen.

Zuerst treten unvollkommene, sehr bald aber ganz deutlich werdende, eigenthümlich gestaltete Verästelungen hervor; diese vermehren sich und bald ist ein grosser Theil des dunkelen Schattenfeldes bebedeckt von einem zusammenhängenden, schön und

lebhaft roth gefärbten, Netzwerk, welches schwarze Maschenräume zwischen sich lässt. Der Mehrgeübte sieht dieses Netzwerk nicht blos scharf konturirt, sondern auch fast sogleich nach begonnener Compression des Augapfels. Die peripherischen Stellen erscheinen kaum etwas weniger deutlich, als die in der Mitte des Schattenfeldes gelegenen. Eine dem Colliculus opticus etwa entsprechende Lücke ist nicht vorhanden, es dürfte also, in ähnlicher Weise wie bei dem bekannten Mariotte'schen Versuche, eine subjective Ausfüllung dieser Lücke durch das von der wirklich empfindenden Umgebung Gesehene erfolgen.

Dieses Netzwerk ist nichts anderes als die innerste Gefässschicht der Chorioidea.

Die grosse Mehrzahl der Gefässe zeigt annähernd dasselbe Caliber, bloss an einigen wenigen Stellen erhält man die Anschauung eines grösseren rothen Fleckes, von welchem aus pinselförmig viele kleineren, gleichmässig dicken, und vielfach sich ramificirenden, rothen Gefässausstrahlungen ausgehen. Der rothe Inhalt der Gefässe — oder richtiger, da zwischen Inhalt und Gefässcontour kein Unterschied wahrnehmbar ist, die Röthung der Gefässe — erscheint durchaus homogen. Ein Strömen in den Gefässen ist unter keiner Bedingung wahrzunehmen.

Die schwarzen Maschenräume zwischen dem rothen Netzwerk sind im Allgemeinen länglich, der Längendurchmesser etwa 2—3 mal grösser als der Breitendurchmesser; ihre Gestalt ist unregelmässig, im Allgemeinen herrscht die dreieckige Form vor.

Die Maschenräume sind sehr enge, ihre Breitendurchmesser zeigen denselben oder doch selten mehr als ungefähr den doppelten Durchmesser der Gefässe.

Diese Gefässfigur kann zu jeder Tageszeit gewonnen werden; unmittelbar nach dem Erwachen, bei grösserer Reizbarkeit der Retina, oder nach einigem Verweilen im Dunkeln, sind jedoch die Gefässe am deutlichsten konturirt. Dunkelheit der Umgebung begünstigt in hohem Grade die Schärfe der Anschauung. Anhalten des Athmens, sowie Tieflage des Kopfes in der Hoffnung einige Blutstauung auch im Auge zu setzen, erwies sich ohne merkbaren Einfluss.

Drückt man bei ganz schwacher Beleuchtung des Zimmers, wobei die Gegenstände nur unvollkommen erkannt werden können, das eine Auge, während man mit dem geöffneten andern Auge gegen die Wand hinstarrt, so projicirt sich die Chorioidealgefässfigur sehr schön, jedoch nur wenig grösser als bei geschlossenen Augen, in das halbdunkele Sehfeld des offenen Auges.

Lange wollte es nicht gelingen, bei hellerer Beleuchtung die Chorioidealgefässfigur in dem Sehfeld des geöffneten Auges wahrnehmen zu können. Es ist also die Erregung der optischen Nervencentren durch die mittelst Druck hervorgerufene Chorioidealaderfigur sehr gering im Vergleich zu derjenigen, welche durch bloss mässiges, auf die Retina des offenen Auges wirkendes objectives Licht gesetzt wird. Das durch Licht erregte Auge behält also gewöhnlich das Uebergewicht über das andere.

Fortgesetztes Experimentiren zeigte jedoch, dass selbst bei gewöhnlicher Tageshelle die Chorioidealaderfigur in das helle Sehfeld projicirt werden kann. Setzt man den Druck auf das eine Auge in ziemlich starkem Grade längere Zeit fort, während man mit dem andern ein glänzend weisses Papier betrachtet, so treten einzelne blassrothe Verästelungen der Chorioidealgefässfigur auf dem Papier hervor, welche bei fortgesetzter Uebung ohne Zweifel deutlicher gesehen werden dürfte. Dieser Versuch ist aber so anstrengend und setzt eine einige Zeit anhaltende Unempfindlichkeit des Auges, dass er Vorsicht erheischt.

Drückt man beide Augäpfel zugleich, so vermischen sich die Gefässfiguren beider Augen in dem gemeinsamen Schattenfeld. Die Ramificationen werden dann minder deutlich und die schwarzen Maschenräume, durch die vielen Deckungen, beträchtlich enger.

Die Chorioidealgefässfigur lässt sich nicht bloss kurz und vorübergehend durch Druck auf das Auge erhalten, sondern Minuten hindurch anhaltend fixiren. Bemerkenswerth ist, dass das rothe Gefässnetz nicht etwa, wie es bei den Blendungsbildern der Fall ist, in verschiedenen, successiv aufeinander folgenden Farben abklingt, sondern seine ursprüngliche rothe Färbung beständig und ungeschwächt beibehält. Nach Aufhören des Druckes verschwindet die Erscheinung fast sogleich.

Sehr bald, nachdem es gelungen war, die Chorioidealgefässfigur auf das Deutlichste zu erkennen,

treten auch einzelne, einen ganz anderen Typus der Ramification zeigenden Gefässe in dem dunkeln Schattenfeld hervor. Im weiteren Verlaufe der Versuche wurden diese Erscheinungen immer deutlicher, die Gefässe zahlreicher und verzweigter; es bestand kein Zweifel, dass dieselben der Netzhaut angehören. Ohne Ausnahme wurde jedoch die Chorioidealgefässfigur zuerst erhalten, worauf, während das Bild der letzteren fortdauerte, die Retinalgefässe sich allmälig entwickelten. Diese erscheinen immer in kleinerem Durchmesser als die Chorioidealgefässe und — es sei vorerst von einer bald zu erwähnenden wesentlichen Erweiterung auch dieser Anschauung abgesehen — in sehr viel geringerer Zahl und in viel weiteren Abständen als die Chorioidealgefässe.

Charakteristisch ist für diese Retinalgefässe eine bläulich-glänzende Färbung, welche sie, so lange sie gesehen werden, unverändert beibehalten. Sie liegen ganz deutlich von der Chorioidealfigur, welche demnach vor den Retinalgefässen theilweis gedeckt wird; auch zeigen sie dieselben Ramificationen, welche bei dem Purkinje'schen Versuche (Bewegung einer Lichtflamme vor dem Auge) auftreten. Ueber die Richtigkeit unserer Interpretation kann somit kein Zweifel bestehen.

Die durch Druck erhaltenen Retinalgefässe lassen sich nicht so anhaltend und lange nicht so vollkommen in ihrer ganzen Continuität fixiren, wie die Chorioidealgefässe. Auch wird durch objectives Licht die Retinalgefässfigur ungleich schöner, deutlicher

und grösser erhalten, als durch Bulbuscompression, namentlich wollte es in letzerem Fall nicht gelingen, das Austreten der Gefässe auf der Eintrittstelle des Sehnerven deutlich wahrnehmen zu können. Purkinje versichert übrigens, auch diese Anschauung gehabt zu haben *).

Nachdem diese Anschauungen in zahlreich wiederholten Versuchen gewonnen waren, wurden vielfache Versuche über die Wahrnehmung des Strömens des Blutes in den Netzhautgefässen des eigenen Auges angestellt. Jetzt tauchte auch beim Druck auf den Augapfel die Blutströmung in der Netzhaut mit immer mehr zunehmender Deutlichkeit hervor.

Anfangs blos ein wirres, undeutliches Durcheinanderfahren, eine allgemeine Bewegung (gerade so wie es dem Ungeübten begegnet, wenn er durch Hinstarren auf eine hellweisse Fläche den Retinalblutlauf sehen lernen will); dann gieng die Erscheinung in einzelne, später immer zahlreicher werdende, kleine und nahe bei einander liegende Blutströmchen über. Viele derselben waren breiter als die anfangs gesehenen Retinalgefässe, auch zeigten sie nicht die glänzend-blaue Färbung. Dabei war die abwechslungsweis auftretende und wieder verschwindende Anschauung der hellglänzend bläulichen Retinalgefässe wie früher vorhanden, in letzteren wurde zunächst noch keine Bewegung erkannt; die wahrgenommene Circulation musste demnach einer andern, gefässreicheren,

---

*) Beobachtungen I. S. 34.

mehr nach aussen gelegenen, Retinalschichte angehören, wie denn auch deutlich erkannt werden konnte, dass das sich Bewegende nicht in derselben Fläche, wie die bläulichen Retinalgefässe, sondern vor den letzteren lag.

Auch dieses Fliessen ist immer ein durchaus kontinuirliches, niemals ein pulsatorisches. Die Methode, welche Hr. Professor Vierordt unlängst (a. a. O.) zur Betrachtung des Retinalblutlaufes angegeben hat, ist übrigens sehr viel geeigneter und weniger anstrengend zur Heraufbeförderung und Fixation des Phänomens, als die Bulbuscompression.

Mit zunehmender Uebung konnten nicht selten die einzelnen Blutkörperchen mit Schärfe wahrgenommen werden, sowie auch Unterschiede in der Geschwindigkeit des Fliessens in manchen Gefässchen erkannt wurden. Endlich gelang es, auch in den zuerst gesehenen bläulichen, inneren Retinalgefässen dann und wann vorübergehend Bewegung des Inhaltes zu erblicken. Dann wurden aber die so eben geschilderten, den mehr nach aussen gelegenen Retinalschichten angehörenden Strömungen minder deutlich. Die rothe Chorioidealgefässfigur zeigte nach wie vor einen durchaus ruhigen Inhalt; durch die vielen Retinalgefässes wurde sie aber oft so sehr verdeckt, dass sie bei weitem nicht mehr in derselben Schönheit, wie früher aufgefasst werden konnte.

Aehnliche Erscheinungen der Retinalgefässe haben Steinbuch und Purkinje beschrieben. Auffallend ist es aber, dass beiden, in der Betrachtung der op-

tischen Binnenphänomene so sehr geübten Forschern die Chorioidealgefässfigur vollkommen verborgen geblieben ist.

Purkinje sagt *) „Steinbuchs Adernetz mit circulirenden Blutkügelchen, sichtbar durch einen Druck am äusseren oberen Theile des Augapfels gelang mir nur früher fragmentweis zu erblicken. Nunmehr aber habe ich durch unzählige Versuche das gehörige Maass des Druckes (welches etwas plötzlich sein muss) mir eigen gemacht, und nun erscheint mir in einem grösseren Umfang und Continuität dieselbe oben erwähnte venöse Figur der Retina. Die völlige Conformität der Verästelung und das unausgesetzte Fortrollen der Kügelchen waren für mich entscheidend, sie für venös anzusprechen.“ Man sieht, dass Purkinje in anderer Weise verfährt, um diese Druckfiguren zu erhalten, als oben geschildert worden ist.

Diese Anschauungen sind, ganz abgesehen von ihrer theoretischen Verwerthung, an sich schon so interessant und reizend, dass man, wenn man es einmal dahin gebracht hat, dieselben einigermassen deutlich herauffördern zu können, der Aufforderung, die Versuche vielfach zu wiederholen, schwer widerstehen kann. Es treten aber früher oder später Vorzeichen einer immer mehr zunehmenden Reizbarkeit der Retina ein, so namentlich ausser häufigem Funkensehen (fragmentäre Anschauungen des Blutlaufes) grosse Neigung zu Nachbildern und immer langsamer wer-

*) Neue Beiträge S. 118.

dendes Abklingen der letzteren. Auf diesem Stadium angelangt, wird man dringend zur Vorsicht gemahnt. Jetzt ist es selbst möglich, dass die Chorioidealfigur in einzelnen Fällen schon beim einfachen Schliessen der Augen, ohne allen Druck auf den Augapfel, mit aller Deutlichkeit sich einstellen kann. Wir haben somit eine zweite aber seltene Entstehungsweise unseres Phänomenes, nämlich die spontane. Diese ist blos dem Vielgeübten möglich.

Es giebt nun auch noch eine dritte Art, die Chorioidealgefässfigur wahrzunehmen. Beim Druck auf das Auge erhält man unter Umständen — ohne dass es möglich wäre, die Bedingungen angeben zu können — zunächst keine Anschauung der Chorioidealfigur, sondern ein zierliches, regelmässiges und zusammenhängendes Mosaik zahlreicher, gleich grosser hexagonaler Figuren, deren Interpretation dahin gestellt sein mag. Dieses Mosaik durchläuft, wie die Blendungsbilder der Retina, verschiedene Farben und endlich kommt ein Punkt, wo es verschwindet, um an einzelnen Stellen des Sehfeldes unserer Chorioidealfigur Platz zu machen. Man sieht wieder das früher beschriebene Netzwerk, nur mit dem Unterschied, dass es hellgelblich gefärbt ist. Diese Anschauung gewann Hr. Prof. Vierordt in der letzten Zeit seiner Versuche mehrmals. Die weitere Verfolgung der Druckfiguren musste aber jetzt ausgesezt werden, um den Augen auf längere Zeit Ruhe zu gönnen.

Fortgesezte Studien über diesen Gegenstand dürften noch sehr viele bisher unbeachtet gebliebene

Phänomene erkennen lassen; namentlich möchte es auch gerathen sein, das Auge durch Betrachtung verschiedener Farben unmittelbar vor der Vornahme der Compression in einseitige Reizungszustände zu versezen. —

Gehen wir nunmehr über zu der Rechtfertigung unserer Interpretation des rothen Netzwerkes als Druckfigur der Chorioidealgefässe.

Das rothe Netzwerk kann nicht auf die Retinalgefässe bezogen werden, denn die grösseren Retinalgefässe werden bei der Bulbuscompression ebenfalls ganz deutlich wahrgenommen und das Gesehene genau controllirt durch die z. B. vom Purkinje'schen Versuche her wohl bekannte Configuration der Gefässe der innersten Retinalschicht.

Ebensowenig kann unsere Figur bezogen werden auf eine anderweitige Schichte der Retinalgefässe *), denn man sieht, wie erwähnt, bei fortgesetztem Experimentiren, auch diese Gefässchen, neben den grösseren Retinalgefässen und neben unserer rothen Gefässfigur.

Die ganze Anordnung unseres rothen Netzwerkes, die Figuren der Maschenräume, das Verhältniss der letzteren zu den Gefässdurchmessern, die ziemliche Uebereinstimmung in den Durchmessern der einzel-

*) Es sei hier erinnert, dass die inneren und mittleren Schichten der Retina, nicht aber die äusserste für das objektive Licht wahrscheinlich ausschliesslich empfängliche Schicht gefässreich sind, wie namentlich auch H. Müller (Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina; Leipzig 1856) mehrfach hervorhebt.

nen Gefässchen stimmen auf das Vollständigste mit den mikroskopischen Anschauungen der injicirten innersten Gefässschichte der Chorioidea. der Ruyschiana; nicht minder entspricht unsere Gefässfigur den durch den Augenspiegel zu gewinnenden Anschauungen bei gewissen Anomalien des Augengrundes, wie sie z. B. von Jäger jun. in der letzterschienenen Lieferung seines ophthalmiatrischen Kupferwerkes ausgezeichnet schön abgebildet worden sind.

Die Grössenverhältnisse der Chorioidealgefässe, wie dieselben in unserem Versuch zur unmittelbaren Anschauung kommen, bedürfen schliesslich noch einer specielleren Untersuchung. Es sei sogleich bemerkt, dass wir hier auf Widersprüche stossen werden, welche ihre Ausgleichung nur unter der Voraussezung finden können, wenn wir für die verschiedenen Schichten der Retina, wenn sie gereizt werden, einen verschiedenen Raumsinn (um ein kurzes Wort zu wählen) annehmen würden. Sollte sich diese Annahme fernerhin bestätigen, so wäre das der schönste Gewinn, der aus den Studien über die Chorioidealgefässfigur für die Physiologie des Sehens sich ergeben könnte. Man sieht diese Gefässe nicht in ihrem wahren Durchmesser, sondern vergrössert; überhaupt wird jedwede räumliche Affektion der Netzhaut, mag sie von objectivem Licht oder (bei geschlossenen oder offenen Augen) durch irgend welche andere Ursache veranlasst sein, von uns nicht in ihrer wahren Ausdehnung, sondern vergrössert aufgefasst, so z. B. auch die Phosphenen, auf welche letztere Erscheinung, wie es scheint, bis-

her noch nicht gehörig geachtet worden ist. Drückt man mit dem Ende eines Bleistiftes das Auge, so ist der entsprechende Lichtkreis viel grösser (etwa 6 mal) als der Durchmesser des drückenden Körpers. Die empfindende Retina erblickt also Theile ihrer selbst niemals in deren wahrer Grösse.

Dieses führt uns zunächst noch auf einige Bemerkungen über unsere Auffassung des dunkeln Schattenfeldes bei geschlossenen Augen. Das Schattenfeld nimmt die vordere Hälfte des Horizontes ein, die hintere liegt, wie Volkmann sich ausdrücken möchte, „im Bewusstlosen." Das Schattenfeld selbst, dessen Breiten- und Längenverhältnisse der eben genannte Forscher richtig angiebt*), erscheint uns zunächst — wir werden übrigens sogleich diesen Ausspruch nach zwei Richtungen hin erweitern müssen — als eine Fläche, und zwar deutlich projicirt ausserhalb unseres Körpers, jedoch in ziemlich nahem Abstande von den Augen**).

*) Müller's Archiv f. Anat. 1839.

**) Gewöhnlich wird das Schattenfeld als eine ebene Fläche angesehen, eine Ansicht, die sich höchst wahrscheinlich nicht wird halten lassen. Es scheint, dass uns die Peripherie des dunkeln Schattenfeldes, also derjenige Theil desselben, welchen wir viel weniger deutlich wahrnehmen, den Augen näher liegend vorkommt, als die Mitte; dass wir somit eine gekrümmte Fläche vor uns zu haben glauben, und zwar eine solche, deren Concavität uns zugekehrt ist. Über die Form der Krümmung lässt sich bei Anschauungen, die so schwierig genauer aufzufassen sind, nichts Näheres aussagen, ausser dass die Krümmung von Oben nach Unten eine stärkere ist, als von Rechts nach Links. Diese Vermuthung, dass das Schattenfeld bei schärferer Auffassung keine Ebene darstelle, wird durch Versuche mit der Phosphene an verschiedenen Bulbusstellen bestätigt oder widerlegt werden können. Die Vergrösserung

Unter Umständen aber gewinnt das Schattenfeld für uns auch noch die Dimension der Tiefe. Diess tritt in ganz auffallender Weise ein beim Druck des Bulbus, die rothe Chorioidealgefässfigur bildet den Hintergrund, vor ihr liegen die gröberen (bläulich-glänzenden) Retinalgefässe, noch etwas näher dem Auge endlich die (objectiv genommen) feineren Gefässe der mittleren Retinalschichten, in welchen am deutlichsten die Blutcirculation erblickt werden kann.

---

der Phosphene darf, wenn wir es mit einer gekrümmten Fläche zu thun haben, deren Einzelpunkte also vom Auge nicht gleich weit abzustehen scheinen, an den verschiedenen Stellen des Augapfels nicht dieselbe sein. Nur eine sorgfältige, besonders angestellte Versuchsreihe wird diese Frage erledigen können. Sogleich ist übrigens wahrzunehmen, dass die Phosphene beim Druck der Nasenseite des Bulbus kleiner ist, als wenn die Schläfenseite desselben getroffen wird, ein Factum, welches unsere Auffassung der Form des Schattenfeldes zu erhärten scheint.

Bei dieser Gelegenheit möge auch die Bemerkung Platz finden, dass das dunkele Schattenfeld in ziemlicher Ansdehnung, von seiner Mitte aus, gleich deutlich uns erscheint, zum wesentlichen Unterschied von dem durch objektives Licht erhellten Sehfeld des Auges. Es wird hier nochmals an die oben angeführte Bemerknng erinnert, dass unsere rothe Chorioidealgefässfigur in ziemlich weiter Ausdehnung gleich deutlich erscheint. Man möchte aus letzterer Thatsache den Schluss ziehen, dass das viel geringere Perceptionsvermögen der Retina für die, von der optischen Axe weiter abstehenden Objectpunkte theilweis von dioptrischen Ursachen abzuleiten wäre, wenn nicht die centralen und die mehr peripherischen Retinabildchen in Albinoaugen bekanntlich gleich deutlich wären. Wir müssen uns desshalb nach einer anderen Erklärung des obigen Factums umsehen nnd möchten uns fast zu der Behauptung neigen, dass die verschiedenen Retinastellen zwar für objectives Licht sehr verschieden empfindlich sind, während sie in ihrer Empfindlichkeit für die heterologen Reizmittel des Sehnerven in viel geringerem Grade sich unterscheiden.

Aber nicht blos diese Wahrnehmung distinkter Erscheinungen im Schattenfeld zwingt uns, dem letzteren die Qualität auch der dritten Dimension beizulegen; wir sind, auch bei völlig reizlosem Zustand der Retina, in welchem uns das Schattenfeld am schwärzesten erscheint, im Stande, nicht blos das Schattenfeld willkürlich abwechselnd als ein etwas näheres oder entfernteres aufzufassen, sondern wir können auch ganz bestimmt die Anschauung gewinnen, dass dem Schwarzen eine gewisse, wenn auch nicht bedeutende, Tiefendimension zukomme. Diese Behauptung dürfte Manchem als unstatthaft vorkommen, sie ist übrigens das Resultat einer ganz präcisen sinnlichen Anschauung von Seiten eines Auges, welches in der Betrachtung der optischen Binnenphänome sich vielfach geübt hat.

Auf den ersten Blick möchte es ganz leicht erscheinen, über den mittleren Abstand des Schattenfeldes vom Auge, durch das Experiment ins Reine zu kommen. Die zwei, hier möglichen Versuchsweisen ergaben jedoch nicht unbedeutende Differenzen.

Lassen wir nämlich eine bestimmte Stelle der Retina blenden, z. B. durch Betrachten der Sonne, so zeigen die Blendungsbildchen bekanntlich sehr verschiedene Grössen, je nach der Entfernung ihrer Projectionsebene vom Auge *); schliessen wir nunmehr

*) Warum das Blendungsbild, wenn wir gegen den Himmel starren. eine gewisse Grösse nicht überschreitet (es wird in eine Entfernung projicirt, von ungefähr bloss 15 Schritten), möchte eine Frage sein. die viel leichter aufzuwerfen, als zu beantworten ist.

das Auge, so erscheint das Blendungsbildchen in einer bestimmten, ziemlich scharf auffassbaren Grösse. Seine jezige Grösse nämlich ist bedeutender, als wenn wir das Bildchen auf eine dem Auge sehr nahe Fläche projiciren. Aus dieser Grösse des Blendungsbildchens bei geschlossenem Auge kann man berechnen, dass das Centrum des dunkelen Schattenfeldes ungefähr 130—140 Millimeter vom Auge absteht.

Erregen wir aber die Phosphene durch Drücken auf das Auge mit einem kleinen runden Körper, so erscheint uns der entsprechende Feuerkreis in einer Grösse, aus welcher sich ein Abstand seiner Projectionsfläche von blos etwa 80 Millimetern vom Auge ergiebt.

Beide Messungen zeigen somit ziemlich bedeutende Abweichungen; sie basiren allerdings nur auf einigen wenigen Versuchen. Der Gegenstand ist im hohen Grade werth, genauer verfolgt zu werden. Interessant ist, dass wir, wenn wir mit dem Sonnenblendungsbildchen experimentiren, viel deutlicher zum Projiciren desselben in das dunkele Schattenfeld ausserhalb unseres Körpers gezwungen werden, während dieses bei den durch Druck erregten Phosphenen nicht so der Fall ist, wogegen wiederum unsere Chorioidealfigur und die Retinagefässfigur aufs Deutlichste nach Aussen verlegt wird. Die Ursache liegt vielleicht darin, weil wir bei der Druckphosphene gleichzeitig eine scharfe Tastempfindung auf der Augenlidhaut, also eine Empfindung in der Nähe haben. Vielleicht wird — nebenbei gesagt — diese Hautempfindung

durch die gleichzeitige Phosphene vergrössert, da derselbe drückende Körper, auf eine dem Augenlid ganz nahe Stelle der Stirne aufgesezt, kleiner erscheint als bei seiner Application auf das Augenlid. Doch wären zunächst noch Versuche in E. H. Weber's Sinn mit dem Tastencirkel erforderlich über den Raumsinn der Augenlid- und der naheliegenden Stirnhaut, um diese Verhältnisse genauer durchschauen zu können.

Die Capillaren der Ruyschiana zeigen unter dem Microscop einen Durchmesser etwa von $^1/_{100}$ M. m.; bei unserem Versuch dagegen einen scheinbaren Durchmesser von ungefähr $^1/_2$ M. m., sie erscheinen also etwa 50 mal vergrössert.

Würden wir nun, gestützt auf obige Versuchsresultate, die Chorioidealgefässfigur in einen Abstand von 140 M. m. vom Auge verlegen, so dürften die Chorioidealgefässe für unsere subjective Anschauung blos einen Durchmesser von etwa $^1/_{10}$ M. m. zeigen. Wir sehen sie aber, wie bemerkt, grösser.

Wir können somit den micrometrischen Beweis, dass unser rothes Netzwerk der Capillarität der Ruyschiana entspreche, vorerst nicht beibringen, ohne jedoch besorgen zu müssen, dass unsere Interpretation des Gesehenen unrichtig sei, denn:

1) Das rothe Netzwerk gleicht in allem Uebrigen aufs Vollkommenste der Capillarität der Ruyschiana.

2) Wir sehen, vor der Ruyschiana, im schwarzen Schattenfeld zwei deutliche Lagen anderer Ge-

fässe, welche der Retina angehören. Man müsste also die Chorioidealgefässfigur in einen weiteren Abstand von dem Auge verlegen und aus dem bekannten wahren Durchmesser der Capillarität der Ruyschiana, und dem scheinbaren Durchmesser derselben bei unserem Versuche, unter Zugrundlegung des bekannten Abstandes des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Retina die Entfernung der Projectionsfläche unser Gefässfigur berechnen. Sie betrüge dann etwa 700 Millimeter, eine ganz annehmbare Grösse.

3) Denkbar wäre aber ferner, dass die Chorioidealgefässe, wenn sie Druckfiguren bilden auf der Retina, ihre Wirkungen ausdehnen auf die benachbarten, nicht unmittelbar von den Gefässen gedrückten, Retinalstellen.

Wir haben oben, unter Annahme eines Abstandes der Projectionsfläche der Chorioidealfigur vom Auge von 140 M. m. und unter Zugrundlegung der wahren Durchmesser der Gefässe, einen scheinbaren Durchmesser der Capillaren der Ruyschiana von blos $^1/_{10}$ M. m. erhalten; also einen 5 mal geringeren Durchmesser, als unsere Versuche ergaben. Die Phosphene erscheint etwa 6 mal vergrössert.

Wollten wir nun diese Vergrösserung der Phosphene blos durch mechanische Irradiation erklären, so hätten wir auch für unsere Chorioidealgefässe einen scheinbaren Durchmesser von $^6/_{10}$ M. m., was mit der unmittelbaren Wahrnehmung derselben in unserem Versuch stimmen würde. Doch erweist sich

dieses Auskunftsmittel nicht als zulässig, wenn man sich erinnert, dass das Verhältniss der schwarzen Maschenräume zu dem rothen Gefässnetz in unserem Versuch dasselbe ist wie bei der microscopischen Betrachtung der injicirten Ruyschiana. Wir müssen also diese Erklärung ganz fallen lassen.

4) Es findet überhaupt keine Uebereinstimmung statt in den relativen Grössenverhältnissen einerseits der verschiedenen beim Drucke des Augapfels gesehenen Gefässe und anderseits der wirklichen Durchmesserdifferenzen der Chorioideal- und Retinalgefässe. Die den Hintergrund bildenden rothen Chorioidealgefässe erscheinen allerdings bei unseren Versuchen in grössten Durchmessern, kleiner sind die Durchmesser der bläulich-glänzenden grösseren Gefässe der innersten Retinalschichten, wogegen aber die feinsten Capillaren der mittleren Schichten der Retina, also jene Gefässe, die im schwarzen Schattenfeld uns am nächsten liegen, oftmals ziemlich gross erscheinen. Es tauchen Momente auf, in welchen die circulirenden Blutkörperchen auffallend gross gesehen werden. In der Regel wird dann nur diese letztere Gefässschicht vollkommen deutlich wahrgenommen. Wir neigen uns somit, gestützt auf diese vom rein optischen Standpunkt unerklärlichen Disproportionalitäten in den subjectiv aufgefassten Grössenverhältnissen der verschiedenen Gefässschichten bei unserem Versuche, zu der vorläufig wohl erlaubt scheinenden Vermuthung, dass räumlich gleich grosse Reizungen der verschiedenen Netzhautschichten

von uns in sehr abweichenden Vergrösserungen gesehen werden, mit andern Worten, dass die einzelnen Schichten der Retina mit einem sehr ungleichen Raumsinne begabt sind.
